UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

229

R. DI PALMA CASTIGLIONE - S. LANDI

L'azione del molibdeno sui microrganismi e sulla vegetazione

Estratto dagli ANNALI DELLA FACOLTA' DI AGRARIA
NUOVA SERIE - VOLUME IX - (XLVII DALLA FONDAZIONE)
— 1948 —

2 NOV 1950

ARTI GRAFICHE TORNAR - PISA

UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

229

R. DI PALMA CASTIGLIONE - S. LANDI

L'azione del molibdeno sui microrganismi e sulla vegetazione

Estratto dagli ANNALI DELLA FACOLTA' DI AGRARIA
NUOVA SERIE - VOLUME IX - (XLVII DALLA FONDAZIONE)
— 1948 —

ARTI GRAFICHE TORNAR - PISA

R. DI PALMA CASTIGLIONE - S. LANDI

L'AZIONE DEL MOLIBDENO SUI MICRORGANISMI E SULLA VEGETAZIONE

RIASSUNTO - Vengono riferite le attuali conoscenze sulla influenza esercitata dal molibdeno sulla microflora e sui vegetali superiori. Vengono quindi riportati i risultati di ricerche eseguite circa l'influenza dell'elemento sullo sviluppo di alcuni micromiceti, sulla fermentazione alcoolica e sul primo sviluppo di piantine di frumento. Per quanto si riferisce all'influenza esercitata sui funghi è stato notato che alcune specie traggono indubbi vantaggi dalla presenza nel mezzo di quantità minimali dell'elemento; altre specie si dimostrano pressochè indifferenti, altre ne risentono danno. Sulla fermentazione alcoolica il molibdeno non esercita alcuna influenza. Sul primo sviluppo di piantine di frumento l'azione del molibdeno è positiva.

RÉSUMÉ - Après avoir passé en revue les connaissances actuelles au sujet de l'influence du molybdène sur la microflore et sur les plantes supérieures, on rapporte les résultats de recherches sur l'influence de l'élément sur le développement de quelques micromycètes, sur la fermentation alcolique et sur le stade initial du développement du blé. L'influence exercée sur les champignons est variable selon les éspèces: certaines sont sûrement avantagées par la présence de quantités minimes de l'élément dans les solutions nutritives, d'autres apparaissent indifférentes et d'autres encore en sont déprimées. Le molybdène ne semble avoir aucune influence sur la fermentation alcolique, tandis qu'il a un effet positif sur le développement initial du blé.

SUMMARY - The present state of knowledge about the influence of molybdenum over microflora and higher plants is reported. An account is then given of an investigation of the effect of Mo on the development of some fungi, on alcoholic fermentation and on the initial growth of wheat plants. As far as fungi are concerned, it has been observed that some species are clearly benefitted by the presence in the nutrient solution of extremely small quantities of the element, while others remain indifferent and still others are depressed. Molybdenum does not appear to influence alcoholic fermentation, while it stimulates the initial growth of wheat plants.

ZUSAMMENFASSUNG - Es werden uns die augenblickliche Kenntnisse, ueber den Einfluss, der vom Molibdaen, auf dei Mikroflora und die hoehere Vegetalien, getrieben wird, gegeben. Deswegen, werden die Ergebnisse der Nachforschungen, ueber den Einfluss des Elements,

auf die Entwicklung einiger Mikromiceten, auf die alkolische Gaerung und auf die Entwicklung kleinere Kornpflanzen weitergegeben.

Was den Einfluss, welcher auf die Pilzen eingeuebt wird, angeht, es ist gemerkt worden, dass einige Sorten, zweifelhafte Vorteile haben, wegen der Gegenwart in der Mitte minimaler Quantum des Elements. Andere Sorten sind ungefaehr gleichgueltig und andere noch haben davon einen Schaden.

Auf die alkolische Gaerung treibt der Molibdaen keinen Einfluss. Auf die erste Entwicklung kleinere Kornpflanzen, ist die Wirkung des Molibdaens positive.

Alla ormai lunga serie degli elementi cosidetti micronutritivi uno nuovo se ne è aggiunto in questi ultimi tempi: il *molibdeno*.

La prima segnalazione degli utili effetti di questo elemento muove da alcune osservazioni di BORTELS che trovò il molibdeno particolarmente attivo sulla fissazione biologica dell'azoto. Da allora la sperimentazione ha rivolto particolare cura verso questo elemento ed oggi siamo già in possesso di alcuni dati che vale forse la pena di coordinare e di riassumere.

LA DIFFUSIONE DEL MOLIBDENO IN NATURA.

Il molibdeno non è un'elemento che si trova diffusissimo in Natura; a quanto è noto non si conoscono, infatti, che pochi e piuttosto rari minerali quali la molibdenite (solfuro), la molibdite (ossido) e la powellite e wulfenite (molibdati).

Nei terreni naturali e agrari sembra tuttavia più o meno presente almeno per quel tanto che è dato di desumere attraverso le ricerche, certo meritevoli di estensione, di G. BERTRAND che, nei suoli francesi, ne ha trovate quantità variabili fra i mgr. 4,3 e 69 per Kg. di terra secca. In seguito LEWIS in particolari terreni del Somerset (Inghilterra), ricercando il molibdeno nel terreno in rapporto ad alcuni disturbi subìti dal bestiame, dosò 20 p. p. m. di molibdeno solubile. Nella valutazione di questi dati agli effetti di quelle che possono essere le disponibilità immediate in elemento nei riguardi delle piante è il caso di soggiungere che azioni di insolubilizzazione o di antagonismo possono determinarsi nel suolo tra molibdeno ed altri elementi tra i quali, ad es., il boro, come, d'altronde, il calcio in funzione degli spostamenti della concentrazione idrogenionica.

PRESENZA DEL MOLIBDENO NELLE PIANTE.

BERTRAND ha trovato che la parte aerea di numerose piante da lui analizzate contiene da 0,54 a 4,5 mg. di elemento per Kg. di sostanza secca. Sempre a BERTRAND risultò che le Crucifere e le Leguminose ne contengono quantità superiori a quelle dosabili in altre piante.

Per quanto si riferisce alle Leguminose, che sembra abbiano una particolare attitudine a fissare l'elemento, BERTRAND trovò nella parte aerea di molte specie fino a mg. 4,5 per Kg. di sostanza secca e mg. 53 nei semi di fagiuolo. TEAKLE e coll., dosarono 0,1-0,2 p. p. m. nelle foglie di trifoglio Mo-carente e 0,1-8,9 p. p. m. in quelle di trifoglio trattato con molibdenite. Relativamente forti quantità si riscontrano nei tubercoli radicali di queste piante; MULDER, ad es., trovò in piante di pisello 4-8 p. p. m. nei tubercoli, 2 p. p. m. nelle radici, 0,3 p. p. m. nelle foglie (1).

Quale possa essere l'ufficio biologico spiegato dal molibdeno nei vegetali ancora non sappiamo di certo. È stato messo in evidenza, tuttavia, che nelle piante Mo-carenti aumenta il contenuto in nitrati e diminuisce quello in proteine. È verosimile quindi ammettere che il molibdeno esplichi una qualche importante funzione nel metabolismo azotato della pianta e, in particolare, nel processo di riduzione dei nitrati. Può darsi poi che il molibdeno esplichi azione antagonista nei confronti di altri metalli fatta eccezione, forse, per il ferro (HORNER).

AZIONE DEL MOLIBDENO SUI MICRORGANISMI.

Le ricerche relative all'influenza esercitata dal molibdeno sui vegetali si può dire che partano, proprio, da constatazioni effettuate sulla microflora, e più precisamente della affermata e dimostrata necessità dell'elemento nei riguardi dello sviluppo e dell'attività degli Azotobatteri. Forse sarebbe eccessivo riferire con dettaglio i dati di BORTELS al quale si debbono i primi rilievi sperimentali, e i successivi KRZEMIENIEWSKI e KOVATS e di VAN NIEL. Gioverà però

(1) - Sembra di particolare rilievo il fatto che alcuni organismi siano capaci di fissare in quantità considerevoli l'elemento qualora sia presente nel mezzo. Si cita ad esempio una pianta acquatica, l'Azolla, vegetante in un'acqua contenente appena mg. 0,0009 di elementi per litro e in cui è stato dosato 1 mg. di molibdeno per Kg. di sostanza secca.

ricordare che mentre BORTELS ottenne guadagni in azoto, per opera degli Azotobatteri, quanto mai considerevoli per presenza di molibdeno, VAN NIEL affermò che l'assenza del molibdeno deve addirittura considerarsi fattore limitante allo sviluppo degli Azotobatteri. D'altronde, sull'argomento, si sono poi avuti ulteriori accertamenti di MULDER che, sperimentando con *Azotobacter chroococcum* cercò di studiare l'influenza del molibdeno non solo sulla fissazione dell'azoto atmosferico, ma anche sulla assimilazione da parte dell'azoto-

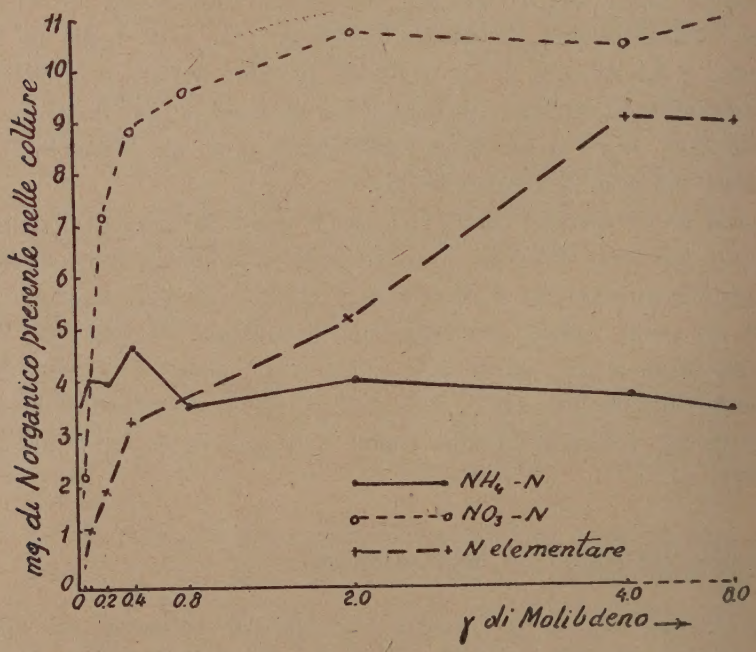

FIG. 1 - *Influenza del molibdeno sull'assimilazione dell'azoto da parte di* Azotobacter chroococcum. (*da* MULDER).

batterio dei nitrati e dei sali ammonici. Trovò MULDER che, in analogia ai precedenti reperti, la fissazione dell'azoto risulta stimolata per la presenza dell'elemento e che anche l'assimilazione dell'azoto nitrico risulta parimenti incrementata.

Uguali constatazioni, come dopo ricorderemo, furono effettuate nei riguardi dell'attività di *Bact. radicicola* e quindi sullo sviluppo e sul rendimento delle Leguminose.

Di seguito a queste prime segnalazioni qualche ricerca fu eseguita anche in questo Istituto indagando l'influenza esercitata dal molibdeno, in comparazione con altri elementi, sul processo di nitrificazione. Usandosi acido fosfomolibdico fu notato che tale composto pur nelle forti quantità dello 0,5 ‰ attiva singolarmente la formazione dei nitrati; altresì fu notato che il molibdato

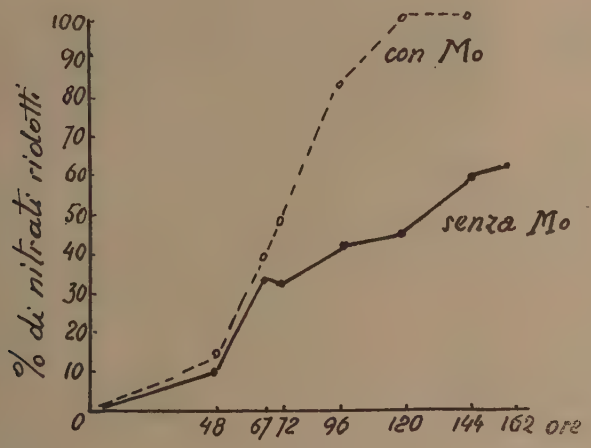

FIG. 2 - *Influenza del molibdeno sulla riduzione dei nitrati (denitrificazione).*

ammonico viene egregiamente nitrificato ed anzi, fino alla quantità dell' 1 ‰ viene nitrificato completamente.

Altre ricerche di MULDER furono dirette allo studio dell'influenza dell'elemento sul processo di denitrificazione che pure risulta favorito.

Così e in definitiva appare dunque che il molibdeno:

a) attiva singolarmente la fissazione dell'azoto incrementando lo sviluppo degli Azotobatteri;

b) attiva il processo di nitrificazione e che lo stesso molibdato ammonico viene nitrificato;

e) accelera il processo di denitrificazione.

Influenza del molibdeno sullo sviluppo dei funghi

L'azione del molibdeno sui funghi è stata ricercata solo su *Aspergillus niger* e, in particolare, in rapporto alle influenze esercitate sulla utilizzazione dei sali ammoniacali e dei nitrati risultando che il molibdeno favorisce sensibilmente lo sviluppo del corpo micelico.

Riallacciandoci a queste esperienze nel controllare e presuntivamente confermare i risultati conseguiti su *Asp. niger* abbiamo voluto vedere se altri funghi della stessa od analoga organizzazione manifestassero un comportamento similare.

Saremo precisi sul metodo sperimentale seguito. In matracci di uguale grandezza si sono versate determinate quantità di liquido di Czapek costituito come è noto, da acqua 1000, nitrato di sodio 2, fosfato monopotassico 1, cloruro di potassio 0,5, solfato di ferro 0.01, saccarosio 30. Si è avuto l'avvertenza di usare sali preventivamente purificati mediante soluzione e ricristallizzazione ed acqua tridistillata. Alla soluzione di Czapek si aggiunse poi molibdeno, partendo da una soluzione madre, sotto forma di molibdato di sodio in quantità progressivamente crescenti e comprese, secondo le esperienze, tra un minimo di γ 0.002 ed un massimo di γ 200 per 100 cc. di liquido nutritivo. Sterilizzati i matracci in autoclave vennero poi seminati vari funghi ed esattamente:

1 - *Aspergillus niger.*
2 - „ *candidum.*
3 - *Penicillium notatum.*
4 - „ *crustosum.*
5 - „ *Roquefortii.*
6 - *Botrytis cinerea.*
7 - *Spicaria* sp.
8 - *Chaetomium globosum.*
9 - *Trichothecium roseum.*
10 - *Stachybotris atra.*

Coltivati a 26^0 c. fino ad uno sviluppo che si poteva ritenere massimo i corpi micelici venivano separati dal mezzo, essicati prima a temperatura ambiente indi in stufa a 110^0 C. e finalmente pesati.

I risultati conseguiti e dati come medi di due e, spesso, tre esperienze parallelle, furono rispettivamente quelli sotto notati.

1. *Aspergillus niger*

		peso di sostanza secca in mgr.
controllo		601
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 0,002	632
	» 0,02	670
	» 0,2	683
	» 2	695
	» 10	721
	» 20	647
	» 40	632
	» 100	645
	» 200	630

La presenza anche in tracce minime di molibdeno (gr. 0.000000002 % di molibdato sodico) fu dunque fortemente sentita da *Asp. niger*. Le quantità ottimali, tra quelle sperimentate, furono quelle di γ 10 per 100 cc. di liquido; oltre tale quantità si notò una certa flessione nello sviluppo nonostante lo stesso si fosse mantenuto superiore al controllo.

Rapportata la curva ottenuta con quella di MULDER e per i limiti di dosi da questi impiegate, si nota una stretta analogia di comportamento. I risultati di MULDER sono quindi confermati. In estensione a questi risultati attraverso l'esame della curva da noi ottenuta si osserva, come sopra si diceva, che quantità crescenti di molibdeno tendono a rendere meno evidenti gli incrementi registrati con le più piccole quantità.

2. *Aspergillus candidus*

		peso di sostanza secca in mgr.
controllo		312
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	307
	» 20	304
	» 40	320
	» 100	390
	» 200	377

In *Asp. candidus*, a differenza di *Asp. niger*, la favorevole azione del molibdeno è stata avvertita a partire da γ 40 per 100 cc. di liq. colturale e si è manifestata massima alla dose di γ 100.

3. *Penicillium notatum*

I processi di nutrizione di *P. notatum*, inclusa l'influenza di particolare elementi, sono stati molto bene studiati in questi ultimi tempi data l'impor-

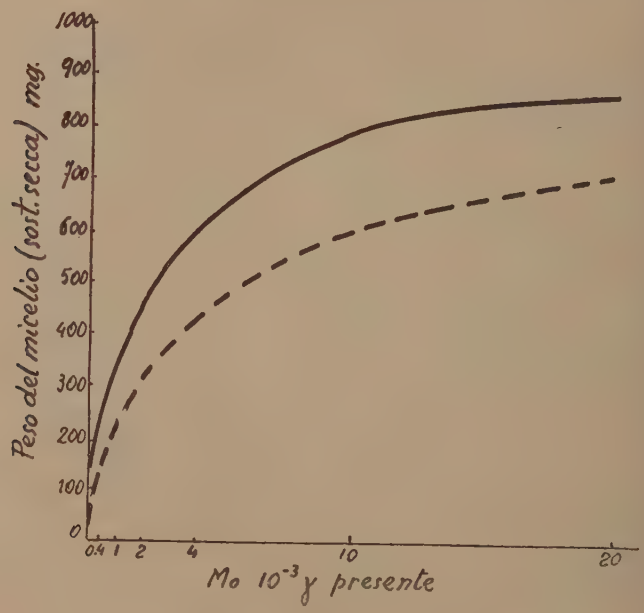

FIG. 3 - *Influenza del molibdeno sullo sviluppo di* Aspergillus niger *(in tratto pieno la curva di* MULDER).

tanza industriale assunta da questo Penicillo. Sarebbe inutile ed ingombrante riferire su tali studi anche perchè in nessuno si ricorda di avere sperimentata l'azione del molibdeno.

Una prima esperienza fu allestita usando molibdato sodico nelle quantità già sperimentate su *Asp. candidus*: cioè γ 10-20-40-100-200 per 100 cc. di liquido colturale. Avendo conseguito risultati negativi e cioè depressione di

sviluppo, invece di incremento, si trovò opportuno ripetere l'esperimento che peraltro sortì analoghi risultati. Questi figurano nella tabella che segue:

		peso di sostanza secca in mgr.		medie
		1ª esp.	2ª esp.	
controllo		484	460	472
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	465	387	426
	» 20	407	381	394
	» 40	420	374	397
	» 100	400	376	388
	» 200	385	382	383

Depressione. quindi. e non incremento di sviluppo.

Nel dubbio, in realtà poco consistente, che tale depressione fosse da ascriversi al fattore dose, in analogia con quanto fu fatto per *Asp. niger* si pensò di impiantare un'altra esperienza impiegando quantità di sali inferiori. L'esperienza fu eseguita in triplo ottenendosi.

		peso di sostanza secca in mgr.			medie
		1ª esp.	2ª esp.	3ª esp.	
controllo		477	501	446	475
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 0,002	454	594	412	452
	» 0,02	465	480	396	441
	» 0,2	448	465	391	335
	» 2	442	414	388	411
	» 20	396	374	340	370

Anche le più piccole dosi di molibdato sodico influiscono dunque sfavorevolmente sullo sviluppo di *Pen. notatum.*

4. *Penicillium crustosum*

		peso di sostanza secca in mgr. (media di due esperienze)
controllo		538
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	543
	» 20	548
	» 40	560
	» 100	673
	» 200	873

Non molto avvertita la presenza di quantità di molibdato comprese tra i γ 10-40; azione notevole e positiva hanno manifestato invece le quantità pari a γ 100-200.

5. *Penicillium Roquefortii*

		peso di sostanza secca in mgr. (media di due esperienze)
controllo		605
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	590
	» 20	616
	» 40	612
	» 100	587
	» 200	590

Nei riguardi di *Pen. Roqueforti* sembra che il molibdeno, almeno nelle dosi impiegate, non esplichi alcuna particolare azione.

6. *Botrytis cinerea*

		peso di sostanza secca in mgr.
controllo		546
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	618
	» 20	681
	» 40	549
	» 100	534
	» 200	541

In *Botrytis cinerea* l'azione del molibdato sodico si è manifestata positiva entro i limiti compresi fino a γ 20; oltre, il sale è rimasto senza effetto. Nelle colture di questo fungo si è notato che, in corrispondenza delle più alte concentrazioni v'era una più abbondante formazione di microsclerozi ed una minore formazione di vegetazioni conidiche.

7. *Spicaria* sp.

		peso di sostanza secca in mgr.
controllo		384
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	333
	» 20	340
	» 40	329
	» 100	320
	» 200	318

Il comportamento di *Spicaria* sp. rispetto al molibdeno richiama quello di *Pen. notatum,* in ogni caso essendosi avuto depressione di sviluppo.

8. *Chaetomium globosum*

		peso di sostanza secca in mgr.
controllo		378
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	370
	» 20	322
	» 40	312
	» 100	314
	» 200	? (351)

Valgono gli stessi rilievi di cui in *Spicaria* sp.

9-10. *Trichothecium roseum* e *Stachybotris atra*

		peso di sostanza secca in mgr.	
		Trich. roseum	*Stachyb. atra*
controllo		344	364
molibdato sodico per 100 cc. di liquido colturale	γ 10	345	381
	» 20	339	375
	» 40	324	357
	» 100	318	362
	» 200	323	371

Non sembra che in *Trichothecium roseum* e *Stachybotris atra* il molibdeno esplichi particolare influenza.

INFLUENZA DEL MOLIBDENO SULL'ANDAMENTO DELLA FERMENTAZIONE ALCOOLICA.

Fu usato un liquido costituito da:

acqua	100,—
saccarosio	20,—
solfato ammonico	0,5
— di magnesio	0,1
fosfato bipotassico	0,2
ac. tartarico	0,4

È stato scelto un liquido a base minerale e non un mosto oppure acqua di lievito dato che in questi, essendo presenti fattori vitaminici (bios) eventuali influenze esercitate dal molibdeno avrebbero potuto, specie se non notevoli, venire mascherate.

Il liquido di cui sopra, addizionato o meno di molibdato sodico, fu distribuito in ragione di cc. 100 in matracci muniti di valvola ad ac. solforico e, previa sterilizzazione, inoculato con un buon ceppo di *Sacch. ellipsoideus* della Collezione dell'Istituto. L'inoculazione fu eseguita innestando per matraccio cc. 1 di una coltura liquida a parte sviluppata.

Fu coltivato a 25-26° C. e proceduto quindi ogni 24 h. e per un certo numero di giorni alla determinazione ponderale dell'anidride carbonica che via via si svolgeva. Le quantità di sale impiegato furono pari, per le singole prove, a γ 20, 50 e 100.

Dalle diverse prove, eseguite in doppio, fu ottenuto:

giorni:	gr. di CO_2 sviluppatasi da cc. 100 di liquido			
	controllo	molibdato sodico presente		
		γ 20	γ 50	γ 100
1	0,124	0,072	0,143	0,143
2	—	—	—	—
3	0,566	0,409	0,582	0,580
4	0,893	0,654	0,913	0,906
5	1,210	0,982	1,296	1,281
6	1,630	1,293	1,652	1,618
7	1,977	1,624	1,925	1,964
8	2,491	2,004	2,353	2,373
9	—	—	—	—
10	3,067	2,666	3,010	3,003
11	3,410	3,015	3,420	3,412
12	3,744	3,320	3,830	3,760
13	—	—	—	—
14	4,362	3,952	4,418	4,387
15	4,583	4,244	4,786	4,620
16	—	—	—	—
17	5,053	4,704	5,156	5,047

Qualora si volessero tracciare le curve di fermentazione si vede che esse sono più o meno sovrapponibili onde è possibile dedurre che, almeno nelle condizioni sperimentali realizzate, nessuna influenza dimostra il molibdeno, sulla fermentazione alcoolica.

Influenza del molibdeno sul primo sviluppo di piantine di frumento.

La ricerca fu condotta per mezzo di colture liquide usando vasi di vetro internamente imparaffinati e verniciati in nero all'esterno. Come mezzo nutritivo fu impiegata la soluzione di Knop (acqua 1000, solfato di magnesio 0,25,

nitrato di calcio 1, fosfato acido di potassio 0,25, cloruro sodico 0,12, cloruro ferrico tracce) che venne preparata con sali purificati e acqua tridistillata. Le quantità di molibdeno sperimentate — sotto forma di molibdato sodico — furono di γ 100-250-500 per 100 cc. di liquido.

Lo sviluppo fu seguito prima con apprezzamenti soggettivi, quindi mediante la misurazione della parte aerea e precisamente della 2ª, 3ª e 4ª foglia e finalmente, il risultato ultimo, fu desunto dal peso di sostanza secca delle piantine.

Fu ottenuto:

DATI BIOMETRICI RELATIVI AL PRIMO SVILUPPO DELLA 2ª, 3ª e 4ª FOGLIOLINA IN PIANTINE DI FRUMENTO.

Lunghezza delle foglioline in cm. (medie di più foglioline).

2ª fogliolina		al 3° g. di emissione	al 4° g. di emissione	al 5° g. di emissione
Controllo	cm.	9,56	12,42	15,40
con 100 γ Mo	»	11,53	14,31	17,77
» 250 γ Mo	»	9,90	12,92	16,42
» 500 γ Mo	»	8,30	10,90	13,91

3ª fogliolina		al 1° g. di emissione	al 2° g. di emissione	al 3° g. di emissione	al 4° g. di emissione	al 5° di di emissione
Controllo	cm.	0,44	0,99	2,87	4,37	8,86
con 100 γ Mo	»	3,16	4,82	7,25	10,26	13,16
» 250 γ Mo	»	2,77	4,32	6,65	9,10	12,92
» 500 γ Mo	»	—	0,50	2,31	4,23	7,86
4ª fogliolina						
Controllo	cm.	0,87	1,84	4,12	6,21	8,73
con 100 γ Mo	»	2,18	4,32	7,22	9,90	13,33
» 250 γ Mo	»	1,83	3,90	5,95	8,42	10,90
» 500 γ Mo	»	0,42	1,31	3,37	5,48	7,26

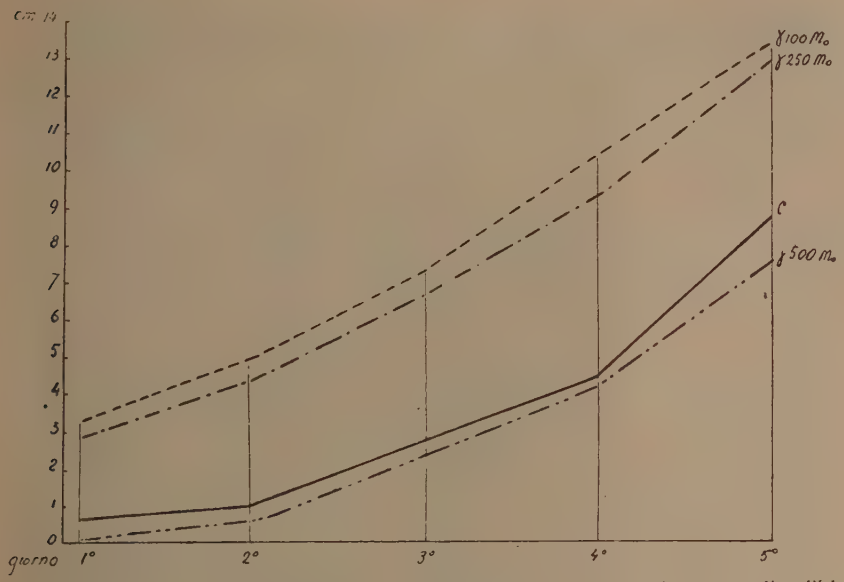

FIG. 4 - *Sviluppo della terza fogliolina in piante di frumento coltivate in assenza e in presenza di molibdeno.*

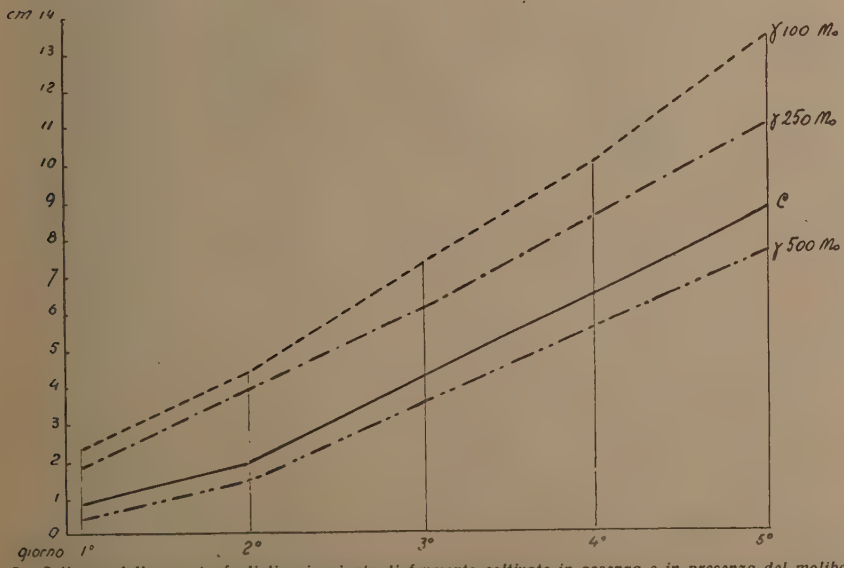

FIG. 5 - *Sviluppo della quarta fogliolina in piante di frumento coltivate in assenza e in presenza del molibdeno.*

PESO IN SOSTANZA SECCA DI N. 100 PIANTINE CRESCIUTE IN PRESENZA O IN ASSENZA DI MOLIBDENO.

		Parte aerea mgr.	Radici mgr.	Totale mgr.
Controllo		4450	1950	6400
molibdato sodico su 100 cc.	100 γ	5770	2700	8470
	250 γ	5440	2410	7810
	500 γ	4060	1870	5930

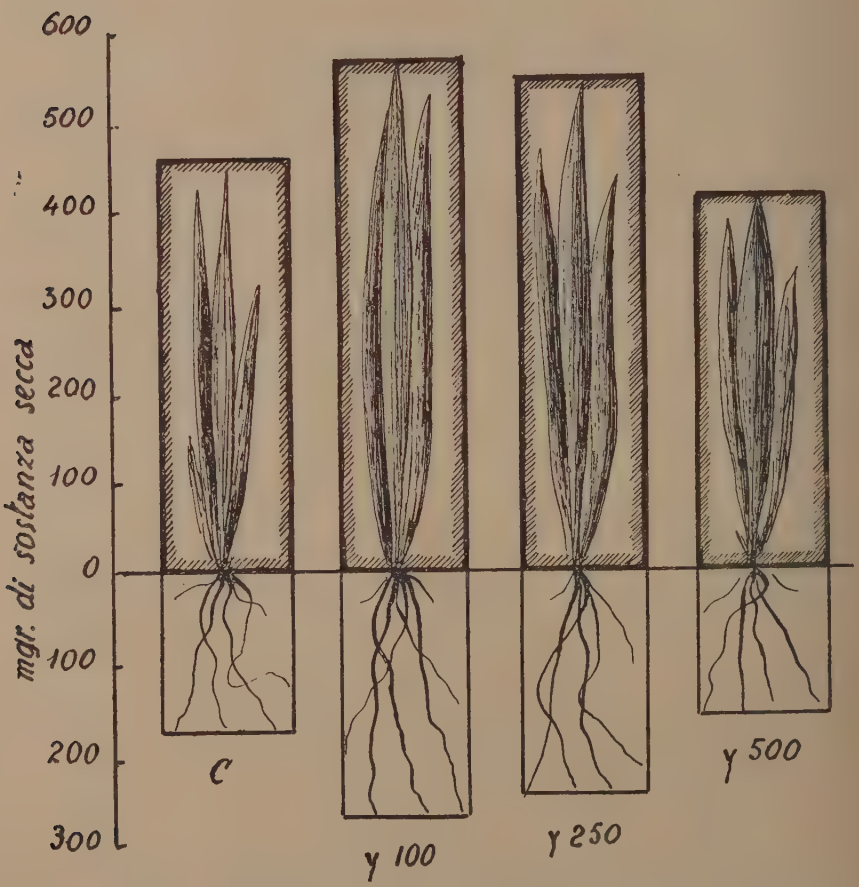

FIG. 6 - *Peso (in sostanza secca) di piantine sviluppate in assenza e presenza di molibdeno.*

È da rilevare, intanto, che il primo e più pronto sviluppo si manifestò là dove era presente il sale di molibdeno nelle quantità pari a 100-250 γ per cento cc. di soluzione; tali quantità, d'altronde, mantennero la loro azione d'incremento anche nei tempi successivi. La quantità, invece, pari a γ 500 manifestò una qualche azione deprimente.

Ciò doveva necessariamente riflettersi anche sul peso della sostanza secca: si registrarono, infatti, incrementi positivi in presenza di γ 100 del composto, un po' meno in presenza di γ 250 e leggerissimamente negativi, rispetto al controllo, ove il sale si trovava presente in quantità di 500 γ per 100 cc. di soluzione.

Comunque, si può concludere che il molibdeno, sotto forma di molibdato sodico, manifesta entro determinati limiti evidente azione stimolatrice sul *primo sviluppo* delle piantine di frumento. Tale azione stimolatrice è risentita sopratutto nelle quantità di gr. 0,0001 (γ 100) $^0/_0$. Il che s'inquadra, d'altronde, con quanto è noto nei riguardi di altre piante.

EFFETTI DEL MOLIBDENO SU PIANTE COLTIVATE.

Siccome i primi rilievi relativi alla manifesta azione del molibdeno furono effettuati sul metabolismo dei microrganismi fissatori di azoto, era chiaro che le prime ricerche sull'influenza esercitata da questo elemento sulle piante coltivate dovessero rivolgersi sulle **Leguminose.**

Come era da prevedere tali effetti furono positivi e alle prime ricerche di BORTELS altre, numerose, ne seguirono, pur sempre positive, in Russia, in Germania e, sopratutto, in Australia e in Nuova Zelanda.

In Oceania terreni acidi, ricchi di minerali di ferro, che avevano da tempo attirato l'attenzione dei fitopatologi per la loro scarsa fertilità, produssero quantità notevolmente superiori di trifoglio in seguito ad applicazioni di molibdeno, sopratutto in condizioni di deficenza di nitrati e di composti ammonici, mentre, sullo stesso terreno, la produzione di Graminacee era influenzata solo da concimazioni azotate: era quindi evidente che il molibdeno stimolava la fissazione dell'azoto atmosferico da parte delle Leguminose.

MULDER, nel già ricordato lavoro si sofferma sull'importanza del molibdeno per il metabolismo dell'azoto nei microrganismi e nelle piante. Nei

riguardi di queste, sperimentando con pisello, ha accertato che pur verificandosi sviluppo di noduli in seguito ad inoculazione di *Bact. radicicola,* sia in presenza che in assenza di molibdeno, nel secondo caso, entro poche settimane, appaiono sulla pianta sintomi marcati di N-carenza (ingiallimento delle foglie) seguiti da morte. Egli ha pure notato che i noduli delle radici delle piante molibdeno-carenti hanno un colore giallo bruno chiaro in contrasto con quello roseo di quelli delle piante normali. Del resto, il contenuto di molibdeno delle

FIG. 7 - *Effetti del molibdeno su piante di pisello (a destra sono presenti γ 200 di molibdato sodico).*
(da MULDER).

Leguminose e delle varie parti di esse confermano ancora la loro speciale attitudine ad assorbirlo e la sua specifica funzione.

Ma gli effetti del molibdeno non sono stati studiati solo sulle Leguminose. Per quanto è noto si hanno ricerche eseguite su Pomodoro, Avena, Orzo, Cavolo, Lino, ecc., come di seguito.

Pomodoro. - In piante sviluppate in mezzo molibdeno-carente, dopo poche settimane, appaiono, a cominciare dalle foglie inferiori, screziature seguite da ingiallimento, macchie necrotiche e necrosi dei margini e degli apici e involuzione delle lamine. I fiori abortiscono quasi tutti. Conseguentemente anche il peso del prodotto risulta fortemente minorato.

Tali sintomi vengono eliminati qualora si bagni la parte aerea con una soluzione 0,05 p. p. m. di acido molibdico oppure si inietti una soluzione di 10 p. p. m. di molibdato ammonico.

FIG. 8 - *Effetto del molibdeno su piante di pomodoro (a destra sono presenti γ 100 di molibdato sodico).*

(da MULDER).

Avena. - I più evidenti sintomi di Mo-carenza sono: ritardo della vegetazione e comparsa di zone necrotiche sulle foglie più giovani mentre le altre si piegano facilmente e la parte apicale muore. Produzione di seme scarsa, peso della sostanza secca ridotto. Per ottenere piante normali occorrono, nelle soluzioni acquose, mg. 0,02 di elemento per litro.

Orzo. - Dopo circa quattro settimane dalla germinazione nelle piante d'orzo Mo-carenti le fogtie ingialliscono e appaiono striature clorotiche nelle più giovani. Successivamente gli apici delle foglie muoiono. Granitura scarsa.

Cavolfiore. - Mentre DAVIES nota solo una clorosi internervale delle foglie, WARING ed altri attribuiscono addirittura, alla mancanza di molibdeno, l'insorgenza di una tipica malattia definita « Whiptail ». È una malformazione che gli AA. avrebbero curato applicando 5-20 libbre per acro di molibdato sodico o ammonico. HEWITT e JONES così descrivono i sintomi di Mo-carenza osservati su cavolfiore nelle colture sperimentali: dopo tre settimane appaiono macchie giallo-verdi marginali e macchie internervali sulle foglie più vecchie che assumono come un « aspetto bagnato » ; quindi arricciamento e appassimento marginale-apicale fino a morte. I cavolfiori non formano « il cuore » ; i picciuoli si allungano e la superficie fogliare è ridotta. Bagnando le superfici fogliari con una soluzione di 100 p. p. m. di molibdato ammonico o inoculandone una goccia nelle nervature di una foglia la pianta riprende a vegetare normalmente per alcune settimane, ma più tardi i sintomi ricordati tornano a palesarsi.

Lino. - Mentre TRNKA e coll. in Cecoslovacchia notano un miglioramento di produzione in seguito ad applicazioni di molibdeno, MILLIKAN osserva che una particolare malattia detta « lower leaf scorch » (bruciatura delle foglie inferiori) che si verifica in terreni acidi e alla quale sinora si rimediava con apporti di calce, non è altro che una manifestazione di Mo-carenza. Le piante presentano una leggera clorosi e necrosi marginale delle foglie più basse. Queste piante hanno un contenuto in manganese superiore al normale; il molibdeno eserciterebbe quindi una azione interferente con questo elemento. Sembra del resto che azioni di antagonismo si stabiliscano tra Mo e Zn, Cu, Co, Ni i quali, se presenti in eccesso, provocano clorosi per difetto di ferro.

Lattuga. - Su questa pianta è stato notato che la presenza di molibdeno nel mezzo porta ad una migliore produzione e ad una maggiore resistenza alle malattie. Attenua anche gli effetti della boro-carenza.

Bietole. - Applicazioni di molibdeno hanno curato il marciume del cuore e prevenuta, nelle bietole da foraggio, la « vitrificazione ».

Tabacco. - L'innaffiamento di piante di tabacco con una soluzione di molibdato ammonico le ha rese immuni dal mal del mosaico [KOZLOWSKA].

CONCLUSIONI.

È stata presentata una sintesi delle nostre conoscenze sui riflessi biologici del molibdeno e riferito su alcune indagini sperimentali eseguite in oggetto.

Attraverso quanto conosciamo e attraverso quanto è stato possibile arguire dalle indagini esperite risulta:

1) Quantità anche infinitesimali di molibdeno, pari, ad es., a γ 0,002 per 100 cc. di soluzione o gr. di terreno sono già avvertite da microrganismi e da piante.

2) Il molibdeno esercita evidente e notevole influenza sulla fissazione biologica dell'azoto; sembra anzi che l'elemento sia indispensabile allo sviluppo degli Azotobatteri.

3) Il molibdeno esplica pari favorevole azione sulla nitrificazione e lo stesso molibdato ammonico viene facilmente nitrificato.

4) Il molibdeno attiva e accelera il processo di denitrificazione.

5) Sui funghi a micelio il molibdeno manifesta una azione assai varia. In alcuni come, tipico, l'*Aspergillus niger*, tale azione è evidentissima e positiva; in altri è indifferente; in altri ancora, come *Penicillium notatum*, è palesemente negativa. I motivi di questo diverso comportamento di fronte a specie appartenenti ad una stessa organizzazione resta ancora da indagare.

6) La presenza di molibdeno non ha dimostrato influenza sulla attività fermentativa di *Sacch. ellipsoideus*.

7) Il molibdeno esercita sensibile influenza sullo sviluppo di piante leguminose.

8) Sulle graminacee il molibdeno stimola i processi relativi al primo sviluppo delle piantine.

9) Il molibdeno porta la sua influenza, per quanto ad oggi è noto, su altre piante e precisamente su pomodoro, avena, orzo, cavolfiore, lino, lattuga, barbabietola, patata, tabacco. In tali piante, per mancanza dell'elemento nel mezzo, compaiono particolari sintomi tanto che può essere luogo di parlare di malattie da carenza anche nei riguardi del molibdeno.

Istituto di Patologia Vegetale
e Microbiologia dell' Università di Pisa

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON A. J. - *Molybdenum Deficiency on a South Australian Ironstone Soil* - Journ. Austral. Inst. Agr. Sci, 8 (1942).

» - *Molybdenum in relation to pasture improvement in South Australia* - Journ. Council Sci. Ind. Research, 19 (1946).

ANDERSON, THOMAS e OERTEL - *Plant responses to molybdenum as a fertilizer* - Council Sci. Ind. Research Commonw. Austral. Bull. n. 198 (1946).

ARNON e STOUT - *Molybdenum as an essential element for higher plants* - Plant Physiol. 14 (1939).

BEATH e EPPSON - *Poisonous plants and livestock poisoning* - Wyo. Agr. Expt. Sta. Bull. 231 (1939).

BERTRAND D. - *La diffusion du molybdène daus les plantes* - Compt. Rend. 208 (1938).

» - *Importance du molybdène comme oligoélément pour les légumineuses* - Compt. Rend. 211 (1940).

» - *Présence du molybdène dans le sol et dans l'eau de mer* - Compt. Rend, 211, (1940).

BOBKO e SAVVINA - *Role of Molybdenum in Plant Development* - Compt. Rend. Acad. Sci. USSR, 29-7 (1940).

BORTELS H. - *Molibdän als Katalysator bei der biol. Stickstoffbindung* - Archiv Mikrobiol. 1 (1930).

» - *Über die Wirkung von Molibdän und Vanadiumdüngungen auf Leguminosen* - Archiv Mikrobiol. 8 (1937).

» - *Supplementary Communication on the Effects of Applying Molybdenum to Field Plots of Lucerne* Zbl. Bakt. 2 (1941).

» - *Die Bedeutung der Spurenelemente ecc.* - NachrBl. deutsh. PflSchDienst, 21 (1941).

BRENCHLEY W. E. e WARINGTON K. - *Value of molybdenum for lettuce* - Nature 149 (1942).

BUREMA e WEINIGA - *Molybdenum as a growth factor for Azotobacter chroococcum* - A. von Leeuwenhoek Journ. Microbiol. Serol. 8 (1942).

DAVIES E. B. - *Molybdenum deficiency in New Zealand* - Nature 156 (1945).

DMITRIEV K. A. - *The effect of Molybdenum on the seed yeld of red clover* - Khim. Sostsial. Zemled 10 (1938).

» - *Biological significance of molybdenum and its effect on the development and yeld of clover* - Dokl. Akad. S. Kh. Nauk. 11 (1941).

ELZE D. L. - *Molybdenum injury of tomato plants* - Palestine Journ. Bot. 3 (1940).

FERGUSON, LEWIS e WATSON - *The teart pastures of Somerset* - Journ. Agr. Sci. 33 (1943).

FERGUSON W. S. - *Teart of Somerset* - Proc. Nutrit. Soc. 1 (1944).

FRICKE E. F. - *Pasture establishment on ironstone at Cressy. Molybdenum deficiency* - Tasm. Journ. Agr. 14 (1943).

» - *Molybdenum deficiency* - Tasm. Journ. Agr. 15 (1944).

» - *Molybdenum deficiency in the Northeast* - Tasm. Journ. Agr. 16 (1945).

HEWITT e JONES - *The production of molybdenum deficiency in plants ecc.* - Journ. Pomol. (1947).

HOAGLAND D. R. - *Water culture experiments ecc.* - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38 (1941).

» - *Molybdenum in relation to plant growth* - Soil Sci. 60 (1945).

» - *Inorganic nutrition of Plants* - Waltham. Mass. USA (1948).

HORNER, BURK e ALLISON - *N fixation by Azotobacter ecc.* - Journ. Agr. Research 65 (1943),

JENSEN H. L. - *Root nodule formation and N fixation ecc.* - Austral. Journ. Sci. 3 (1941).

JENSEN e BETTY - *N fixation in leguminous plants III* - Proc. Linnean Soc. N. S. Wales. 68 (1943).

» - Idem, IV. Proc. Linnean Soc. N. S. Wales, 70 (1945).

KRZEMINIEWSKI S. e KOVATS I. - *Ueber den Einfluss von Eisen und Molybdän auf die Stickstoffbindung von Azotobact. chroococcum* - Bull. Ac. Polon. Sci. et Lett., B, *169* (1937).

KOZLOWSKA A. - *The changes caused by ammonium molybdate and virus diseases of plants* - Bull. Acad. Polon. Sci. (1946).

LEWIS A. H. - *The teart pastures of Somerset* - II-III Journ. Agr. Sci. 33 (1943).

MILLIKAN C. R. - *Antagonism between molybdenum and certain heavy metals in plant nutrition* - Nature (1948).

MITCHELL K. J. - *Use of ammonium molybdate ecc.* - New Zealand Journ. Sci. Tech. 27 A (1945).

MULDER E. G. - *Importance of molybdenum in the N metabolism* - Plant and Soil. 1 (1948).

PARBERY N. H. - *The effect of molybdenum on clover growth on laterite soils* - Agr. Gaz. N. S. W. 7 (1946).

PIPER C. S. - *Molybdenum as an essential element for plant growth* - Journ. Austral. Inst. Agr. Sci. 6 (1940).

RUSSEL Sir E. J. - *Minor elements in plant nutrition - Molybdenum* - The Journ. of the Royal Agric. Soc. of England 99 (1938).

SHARRER K. e SCHROPP W. - *Water and sand culture experiments on the action of molybdate and tungstate ions* Zeits. f. Pflanzernährung 34 (1936).

SMITH- M. E. - *Micronutrients essential for the growth of Pinus radiata* - Austral. Forestry. 7 (1943).

STEINBERG R. A. - *Relation of accessory growth substances to heavy metals including molybdenum, in the nutrition of Aspergillus niger* - I. Agr. Res. **52**, *439*, 1936.

» *Role of molybdenum in the utilization of ammonium and nitrate nitrogen by Aspergillus niger - id.*, **55**, *891*, 1937.

STEPHENS e OERTEL - *Responses of plants to molybdenum ecc.* - Austral. Journ. Council Sci. Ind. Res. 16 (1943).

TEAKLE L. J. H. - *Molybdenum as a fertilizer in Western Australia* - Journ Dept. Agric. W. Austral. 21 (1944).

TRNKA e coll. - *The effect of trace elements ecc.* - Sbornik Cekosl. Akad. Zemedelske 17 (1942).

TRUMBLE H. C. e FERRES H. M. - *Responses of herbage legumes to applied nutrients on some S. Australian soils* Journ. Austral. Inst. Agr. Sci. 12 (1946).

VAN NIEL C. B. - *A note on apparent absence of Azotobacter in soils* - Arch. f. Mikr., **6**, *215* (1935).

VERONA O. - *Influenza di alcuni elementi oligodinamici sopra il processo di nitrificazione* - Ann. Fac. Agraria, Univ. Pisa, **4**, *267* (1941).

VINOGRADOVA Kh. G. - *Presence of Molybdenum in leguminosae* - Doklady Akad. Nauk. USSR. 40 (1943).

WAITE RESEARCH INST. S. AUSTRALIA - Report 1939-40, (1941).

WARING E. J., SHIRLOW N. S. e WILSON R. D. - *Molybdenum in relation to whiptail of cauliflower* - Journ. Austral. Inst. Agr. Sci. 13 (1947).

WARINGTON K. - *Molybdenum as a factor in the nutrition of lettuce* - Ann. Applied Biol. 33 (1946).

WILSON e coll. - *Molybdenum as the cause of heart disease ecc.* - Abs. Proc. Geol. Soc. London, 1392 (1943).

(Presentata il 21 Dicembre 1948).